

<論文>

クヌギ採種林における種子生産

橋 詰 隼 人*

Seed Production in Seed Stands of
Kunugi (*Quercus acutissima* CARR.)

Hayato H_{ASHIZUME}*

Summary

A six-year field study was conducted on the fall and production of seeds in about 40-year old seed stands of Kunugi (*Quercus acutissima*) to determine the effects of release, manuring and girdling treatments.

Although the flower and fruit bearing of seed trees was enhanced by any of the three treatments, the combined treatment of release and manuring was most effective. In the combined treatment, the bearing of male flowers increased 4~11 times, and the bearing of the second year's fruits, 1.6~2.6 times, as compared with the untreated controls. The number of sound acorns and the percentage of sound acorns to total fall also increased in the release plus manuring treatment plot.

Although the fall of acorns was observed from May to November, immature acorns fell in large quantities in the period from July to September, and mature acorns, mostly in October. The total fall of the second year's fruits per m² was 55~103 acorns in controls and 106~182 acorns in the release plus manuring plot. Sound acorns fell 0.9~10.1 per m² in controls and 0.4~27.4 per m² in the release plus manuring plot. The percentage of sound acorns to total fall was 1.0~10.7% in the former and 0.2~13.8% in the latter.

There was a great difference in seed production in seed stands according to the year. A good harvest year was observed at an interval of three years in natural stands, but in seed stands the cycle of rich or poor harvest was shortened by the combined release and manuring treatment and seed trees bore fruits every year. However, since flower and fruit bearing vary according to individual trees, it is important to select seed trees of good growth and good fruit-bearing.

I 緒 言

シイタケ産業の発展, 林種転換による広葉樹林の減少などによって近年シイタケ原木が不足し, 原木の確保が重要な課題になってきた。シイタケの主産地においては, 長期的に安定して原木を確保す

*鳥取大学農学部造林学研究室: *Laboratory of Silviculture, Faculty of Agriculture, Tottori University*

るために原木林の造成に積極的に取り組んでいるが、まだ原木不足を解消するまでには至っていない。

クヌギはシイタケ原木に最も適した樹種で、クヌギの人工造林は年々増加しているが、造林面積の急激な増加にともなう苗木が不足し、必要本数を確保できない状況にある。クヌギの造林用苗木は現在専ら天然林から種子を採集して育苗しているが、天然林も優良林分は少なく、また結実に豊凶があつて計画どおりに種子がとれないようである。国内産種子で十分まかなうことができないので、不足分を韓国から輸入しているが、韓国産種子については生長や原木の形質について不明な点が多く、国内産種子の供給体制を早急に整える必要がある。

種子の安定的供給をはかるためには、採種林や採種園を設定して、遺伝的素質の改良をはかると同時に結実を促進して、種子を大量に生産する必要がある。国及び一部の県においては、シイタケ原木育種事業を開始し、精英樹の選抜、採種園の造成などを行っているが、育種苗が供給されるまでには10年以上の歳月がかかるので、当面の方法として、クヌギの天然林の中から優良林分を選定して、不良個体を除いて採種林(母樹林)に誘導し、種子を生産する方法が考えられる。筆者は昭和53年(1978年)に鳥取大学蒜山演習林にクヌギの採種林を造成し、開花・結実の習性と結実促進について研究を行ってきた。研究成果の一部は既に報告したが^{3,6)}、今回6年間の成果をとりまとめて報告する。

本研究に際し、鳥取大学蒜山演習林技官福富 章氏、福富正昭氏及び職員各位のご援助をえた。また当時の造林学研究室専攻生岡本 剛君にお世話になった。これらの各位に対し深く感謝の意を表する。

II 材 料 と 方 法

1978年11月に鳥取大学蒜山演習林内のクヌギを主とする二次林を除間伐して、採種林を設定した。試験地は、標高700mにあり、南東斜面、傾斜10~20°、黒色火山灰土Blb(d)型、面積約1.0haである。設定時の林齢は約40年生で、ha当たり立木本数約1,250本、幹材積116m³、クヌギのha当たり立木本数646本、平均胸高直径15.2cm、平均樹高10.9mであった。疎開伐の方法は、クヌギの形質優良木を種子木として残し、クヌギの小径木及び他の樹種を伐採した。伐採率は本数で約80%、材積で約62%であった。種子木はha当たり約250本残した。大きさは胸高直径15~26cm、樹高12~16mであった。

次に試験地を二つに分けて片方を施肥区、他方を無施肥区とし、更に施肥区と無施肥区の中に環状剥皮区を設け、無処理区(対照区)を含めて5区を設定した(写真1)。対照区として、隣接地の無間伐林分を用いた。

施肥は1979年から4年間、5~6月に行い、粒状森林肥料(N:P:K=13:17:12,%)を1本当たり3kg(1979年)~5kg(1980~1982年)母樹の根元の周辺に散布した。施肥量の算定は従来針葉樹の採種林で実施している施肥量を参考にして、ha当たり窒素成分量で100~200kgを基準にして施した。環状剥皮処理は、施肥区と無施肥区の中から10本ずつ選定し、半周二段剥皮法により行った(写真1)。胸高付近の幹の周囲に沿ってのこぎりで樹皮に幅3~4cmの切り目を入れ、のみで樹皮をはぎとった。剥皮処理は1979年7月に行った。

着花、結実の調査は対照区15本、各処理区10本ずつ、合計55本について行った。最初は開花期に枝を一部切り落して調査したが、四季を通じて長期間調べる必要があることがわかり、母樹の樹冠の中

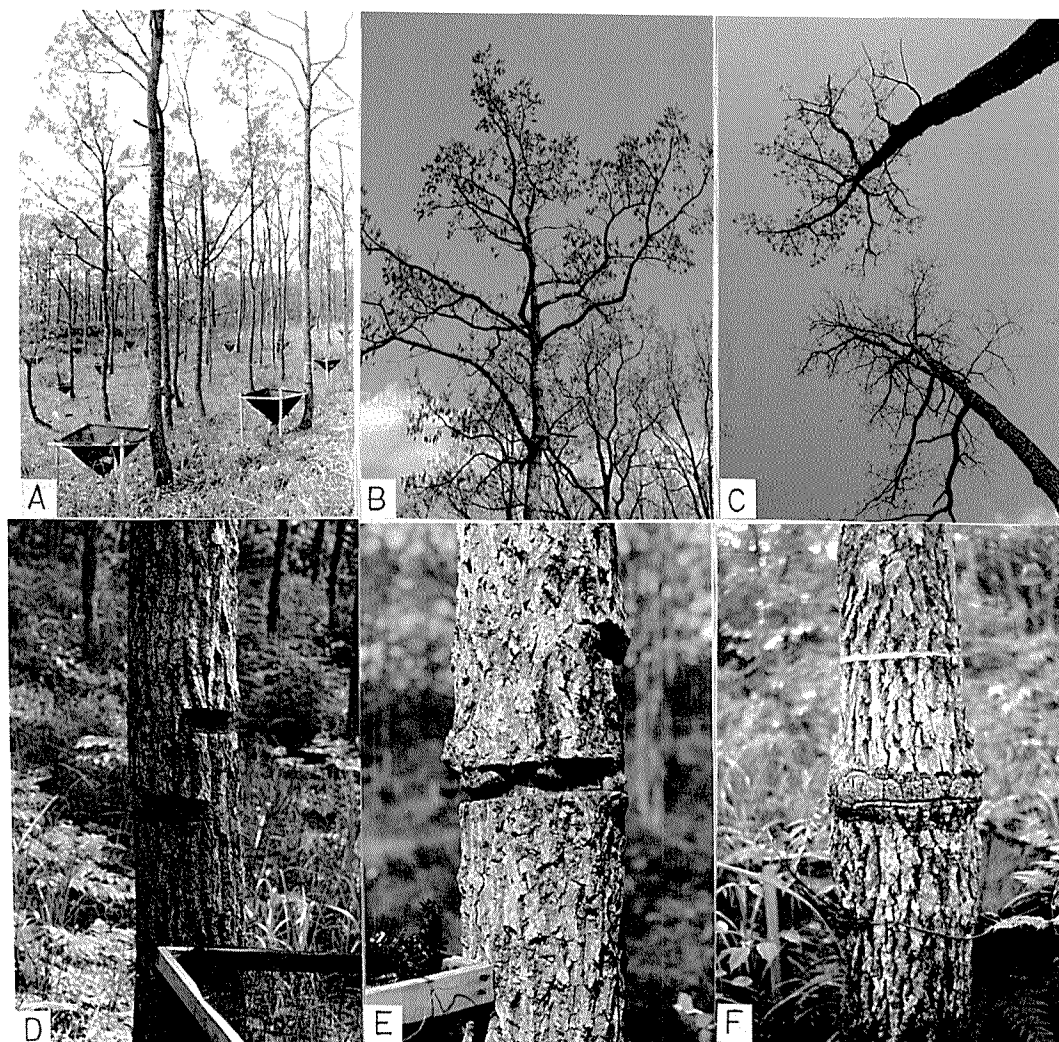


写真1 約40年生のクヌギ採種林における着花と環状剥皮の状況
 A：疎開伐林分の立木配置とシード・トラップの設置状況。B～C：着花状況，Cの下側の木は着花が少ない。D～F：二段環状剥皮法と剥皮部のゆ合状況。Eは1年後，Fは3年後，いずれも施肥区。

心部の直下に1×1mのダイオネット製のシード・トラップを設置し，落下した花及び果実を時期別に採取して調査した(写真1)。果実の発育，品質などの調査はトラップ内に落下した2年果について行い，果実の大きさ，重量を測定し，更に化学分析を行って栄養物質の含有率を求めた。化学分析は常法により行い，糖類はソモギ・ネルソル法，窒素は半微量ケルダール法，リンはバナドモリブデン酸法，カリウムは炎光光度法，カルシウムはEDTA滴定法によって定量した。

III 結 果 と 考 察

1. 着花・結実に対する各種処理の効果

各処理区における着花(果), 結実の状況は表1のとおりである。樹木が大きいのでシード・トラップ内に落下した花序及び果実の数を測定して処理の効果を判定した。雄花序落下数についてみると、整理伐後1年目は調査しなかったが、2年目(1980年)以降は無処理区に比べて各処理区とも落下数が増加した。特に施肥区における増加が顕著で、処理後3年目から6年目における落下数は、無処理区の72~353個/m²に対し、疎開伐+施肥+剥皮区では655~1,426個/m², 疎開伐+施肥+無剥皮区では494~1,123個/m²落下し、無処理区の4~11倍の増加がみられた。平均値の差の検定を行った結果、3年目以降無処理区と施肥区との間に1%水準で有意差が認められた。疎開伐+無施肥区でも雄花序の落下数が増加したが、無処理区の2~3倍程度で、施肥区ほど顕著な増加はみられなかった。以上の結果から、施肥は雄花の着生を著しく促進することがわかった。

次に雄花の着生に対する環状剥皮の効果についてみると、雄花序落下数は施肥区では剥皮区が無剥

表1 各処理区における着花, 結実の状況

処 理 区	雄 花 序 落 下 数 (個/m ²)					2 年 果 の 総 落 下 数 (個/m ²)				
	1980年 2年目	1981年 3年目	1982年 4年目	1983年 5年目	1984年 6年目	1980年 2年目	1981年 3年目	1982年 4年目	1983年 5年目	1984年 6年目
無処理(対照)①	131	72	353	106	200	50.1	74.1	60.7	102.9	54.7
疎開伐 { 剥皮② + 施肥 { 無剥皮③	321*	655*	1,426*	1,204*	1,390*	42.4	135.9*	139.3*	163.4	105.5*
	280	494*	1,123*	730*	1,034*	45.8	121.9*	159.6*	182.3*	117.9*
疎開伐 { 剥皮④ + 無施肥 { 無剥皮⑤	315*	245*	410	266*	148	59.2	112.0*	61.6	118.8	43.8
	205	198*	589*	298*	389*	35.1	68.2	76.0	135.2	54.8
②~⑤の平均	280	398	887	625	740	45.6	109.5	109.1	149.9	80.5

処 理 区	健 全 種 子 落 下 数 (個/m ²)						結 実 率 (%)				
	1979年 1年目	1980年 2年目	1981年 3年目	1982年 4年目	1983年 5年目	1984年 6年目	1980年 2年目	1981年 3年目	1982年 4年目	1983年 5年目	1984年 6年目
無処理(対照)①	4.6	6.3	1.9	0.9	10.1	1.8	14.0	2.3	1.0	10.7	3.6
疎開伐 { 剥皮② + 施肥 { 無剥皮③	4.7	13.3	7.8*	7.0*	16.1	0.4	32.5*	6.3	5.0*	8.3	0.2
	10.4	15.6*	15.9*	20.5*	27.4*	3.1	40.3*	11.3*	10.5*	13.8	2.4
疎開伐 { 剥皮④ + 無施肥 { 無剥皮⑤	7.5	16.2*	12.3*	5.6*	19.4	1.1	26.3	10.8*	11.2*	15.1	1.7
	3.6	10.0	5.0	4.6*	23.2*	0.6	28.0	7.7*	6.5*	16.3	1.1
②~⑤の平均	6.6	13.8	10.3	9.4	21.5	1.3	31.8	9.0	8.3	13.4	1.4

備考：疎開伐は1978年11月に、環状剥皮は1979年7月に行う。施肥は1979年から1982年まで4年間森林肥料(N:P:K=13:17:12%)を1本当たり3~5kg施す。2年果の総落下数は、5月から11月の期間に落下した果実数(ただし、1980年は9~10月に落下した果実数)の合計を示す。結実率は、2年果の総落下数に対する健全種子の割合を示す。*は、対照区との間に1%水準で有意差の認められたもの。

皮区よりも少し多いが、無施肥区では剥皮区と無剥皮区との間に大きな差はなく、環状剥皮の効果は明らかでなかった。

2年果の総落下数は疎開伐後3年目から施肥区で増加した。疎開伐後3年目から6年目における2年果の総落下数は、無処理区が55~103個/m²、疎開伐+施肥区は106~182個/m²で、1.6~2.6倍の増加である。しかし、疎開伐+無施肥区では著しい増加がみられなかった。

健全種子の落下数は処理後2年目から処理区で増加の傾向がみられた。無処理区の健全種子落下数は1m²当たり10個以下で、特に1981年と1982年は凶作で0.9~1.9個/m²しか落下していないが、疎開伐+施肥区では3年目に15.9個、4年目に20.5個、5年目に27.4個落下し、著しい増加がみられた。しかし、6年目には無処理区との差が小さく、効果はあまりみられなかった。疎開伐+無施肥区では、剥皮区でやや健全種子の落下数が増加したが、無剥皮区では5年目を除き増加がみられなかった。

次に2年果の総落下数に対する健全種子の割合を結実率とし、処理の効果を調べた。結実率は、2年目から4年目まで疎開伐+施肥区及び疎開伐+無施肥区で増加した。しかし、5年以降は無処理区との間に有意な差はみられなかった。施肥区と無施肥区とを比較すると、2年目を除き大きな差はなく、施肥区が特に結実率が高いという結果はえられなかった。また剥皮区と無剥皮区との間にも大きな差はみられなかった。

以上の如く、疎開伐及び施肥はクヌギの着花・結実を促進することがわかった。特に疎開伐と施肥の組合わせ処理が有効で、着花数、健全種子の落下数及び結実率は処理（施肥）の翌年から増加する傾向がみられた。疎開伐+施肥の効果は、着花（果）数に関しては処理開始後6年間なお続いているが、健全種子の落下数及び結実率については施肥中止後2年目（1984年）には効果がみられなく、施肥の効果は長続きしないようで、連年または少なくとも隔年に施肥する必要があると思われる。また施肥量及び肥料の種類についても更に研究する必要がある。

環状剥皮の効果については、カラムツをはじめ二、三の樹種で着花・結実を促進することが報告されているが¹⁾、本研究では疎開伐+施肥区で雄花序の着生数が増加したが健全種子数及び結実率は増加せず、前報の結果^{3,6)}と一致しなかった。クヌギに対する環状剥皮処理の効果はあまり期待できないように思われる。環状剥皮処理は剥皮幅3~4cmで、二段剥皮法によって行ったが、枯死木は1本もみられなかった。剥皮部のゆ合は無施肥区よりも施肥区で早く、1年後に62%ゆ合し、3年後には100%ゆ合した(表2)。無施肥区では1年後に39%、4年後に98%ゆ合した。環状剥皮による材部の腐朽はみられなかった。

表2 環状剥皮部のゆ合状況

処 理 区	ゆ 合 率 (%)			
	1 年 後	2 年 後	3 年 後	4 年 後
施 肥 区	62	93	100	
無 施 肥 区	39	80	95	98

備考：剥皮幅3~4cm、二段環状剥皮、ゆ合率は面積ゆ合率を示す。

2. 着花・結実に影響する因子及び処理の効果との関係

(1) 未熟種子の落下

1年果及び2年果の月別落下状況を図1～2に示した。トラップ内に落下した果実を1年果と2年果に分け、さらに未熟種子(胚の未発達のもの)と成熟種子(胚が完全に発達したもの)に分けた。1年果の落下は6月から11月の期間にみられたが、落下数は少なく、1㎡当たり1年間に1～52個であった。落果の原因は枝の枯死あるいは生理的障害によるものと、台風による枝折れであった(表3)。1982年には8月に多く落下したが、これは台風による枝折れであった。

2年果の落下は5月から11月までみられた。未熟種子は8月に最も多く落下し、ついで9月と7月に多く落下したが、1984年には6～7月にも多く落下した。成熟種子は9月以降に、特に10月に多く落下した。2年果の未熟種子の落下数は年度及び処理区によって異なるが、1年間に1㎡当たり40～155個で、全体の84%以上、年によっては99%以上が未熟のまま落下した。未熟種子の落下率は凶作年に高く、豊作年に低い傾向がみられた。また処理区は無処理区(天然林)に比べて未熟種子の落下数は多いが、落下率は低かった。

2年果の未熟種子の落果の原因は生理的障害が最も多く、90%近くが生理的落果であった(表3)。果柄の基部に離層が形成されて、未熟な果実が落下している。台風などの機械的障害による落果は4～9%、虫害による落果は1～9%みられた。台風害は8月に多く、虫害は8月以降に落下したものでみられた。

クヌギの未熟果実の落果については新谷の研究がある¹¹⁾。それによると、1年目の落果は5月に最も多く、2年目の落果は7～8月に多く、2つの山がみられた。全体の落果率は91.2%であった。落果の原因については、生理的落果が多く、1年

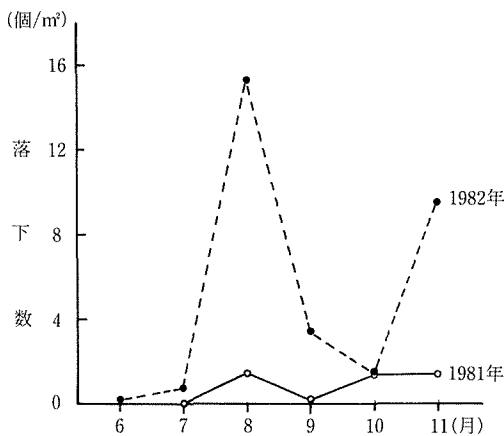


図1 1年果の月別落下数(各処理区の平均値)

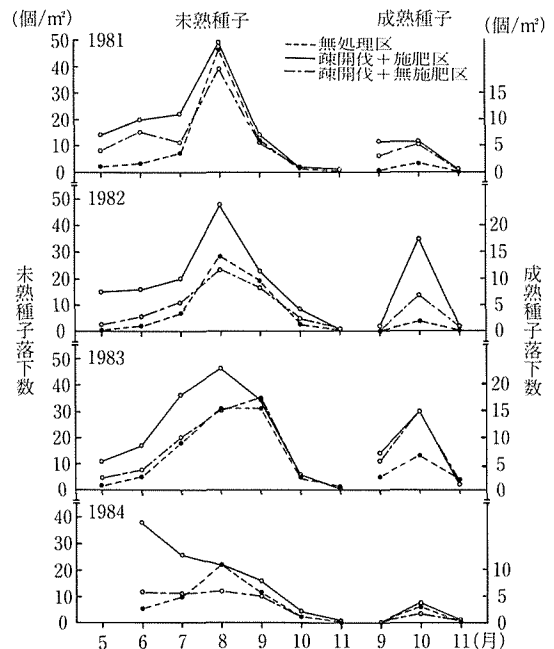


図2 各処理区における2年果の月別落下数(1㎡当り)

表3 未熟種子の原因別落下割合

処 理 区	1年果 (1982年の調査)			2年果 (1982年の調査)			2年果 (1983年の調査)		
	生理的 障 害 (%)	気象害 (%)	虫 害 (%)	生理的 障 害 (%)	気象害 (%)	虫 害 (%)	生理的 障 害 (%)	気象害 (%)	虫 害 (%)
無処理 (対照) ①	31	69	0	90	2	8	95	4	1
疎開伐 剥皮②	14	86	0	90	3	7	86	13	1
施 肥 無剥皮③	33	67	0	87	6	7	87	12	1
疎開伐 剥皮④	46	54	0	90	6	4	90	8	2
無施肥 無剥皮⑤	44	56	0	79	3	18	93	6	1
②～⑤の平均	34.3	65.7	0	86.5	4.5	9.0	89.0	9.7	1.3
全 体 の 平 均	33.6	66.4	0	87.2	4.0	8.8	90.2	8.6	1.2

目落果は受粉とは無関係のようだが2年目の後期落果は受粉と関係があると述べている。本研究においては、凶作年に結実率が低く、未熟果実の落下率が高かったので、2年目の生理的落果は受粉率と関係があるように思われる。しかし、後で述べるようにその年の気象条件も落果現象と無関係ではないようである。

(2) 着花・結実の周期性

林木の結実には豊凶があって毎年沢山結実するとは限らない。1980年から1984年まで5年間の鳥大蒜山演習林におけるクヌギの着花・結実状況をみると(表4)、無処理区(天然林)では、着花は'79年、

表4 クヌギ採種林における着花・結実の豊凶周期

処 理 区	種別	'79年	'80年	'81年	'82年	'83年	'84年	'85年
無処理区	着花	豊	並	凶	豊	凶	並	豊
	結実	並	豊	並下	凶	豊	凶	凶
疎開伐 + 施肥区	着花	豊	豊	豊	豊	豊	豊	—
	結実	並上	豊	豊	豊	豊	凶	—

'82年、'85年が豊作で、'81年と'83年が凶作である。結実は1年おくれて'80年と'83年が豊作で、'82、'84年、'85年が凶作である。すなわち、3年周期で豊作があり、豊作の翌年は凶作になっている。次に各処理区における雄花序落下数と2年果落下数の年次変動をみると(図3～4)、処理区、特に疎開伐+施肥区における雄花序及び2年果の落下数は豊作年に最も多いが、凶作年にも無処理区に比べて著しく増加している。健全種子落下数及び結実率についても、1984年を除き、凶作年に処理区で増加がみられた。すなわち、疎開伐及び施肥によって凶作年にも着花数、結実数、結実率が増加し、結実の豊凶差が少なくなり、毎年種子を採取することが可能になる。

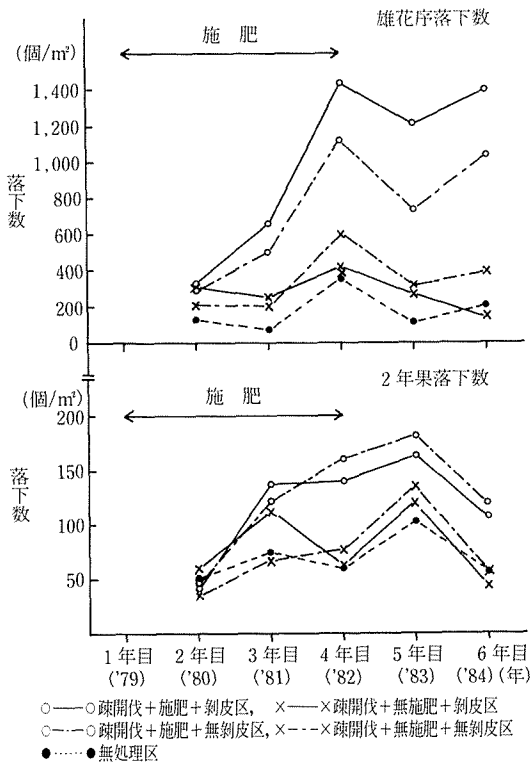


図3 各処理区における雄花序落下数と2年果落下数の年次変動

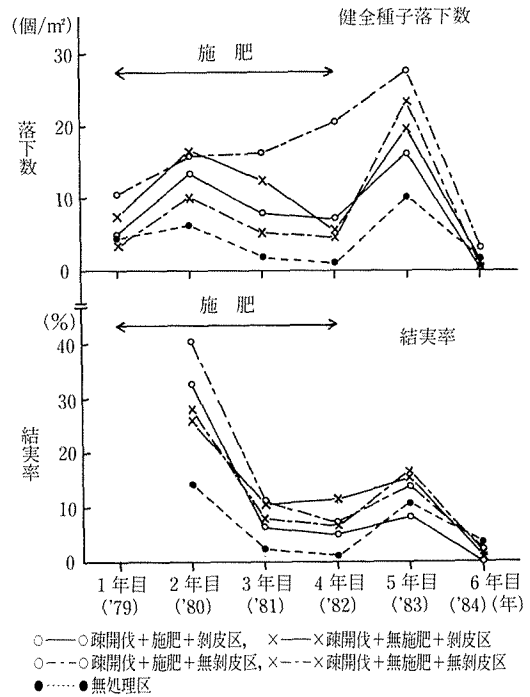


図4 各処理区における健全種子落下数と結実率の年次変動

(3) 着花・結実性の個体差

クヌギの着花・結実性、種子の形質などは母樹によって著しく異なる。母樹別に雄花序落下数、健全種子落下数及び結実率を4～5年間調査した結果を図5～7に示した。雄花序落下数、健全種子落下数、結実率などは個体によって著しく差があり、着花数、結実数の多いもの、少ないもの、結実率の高いもの、低いものなどバラツキが大きかった。無処理区では、No. 3, 6は雄花の着生数が多かったが、結実数、結実率は逆に低かった。反対にNo. 5, 10, 11などは雄花の着生数が少ないが、結実数、結実率は比較的高かった。疎開伐+施肥区では、No. 2, 11, 16, 20などが結実数、結実率が高く、No. 1, 3, 14, 19などは逆に低く、着果数の多いものが必ずしも結実数が多く、結実率が高いということではなかった。また疎開伐や施肥によって着花数、結実数が一般に増加したが、結実数、結実率の増加しないものもみられた。(No. 1, 3, 14, 19)。次に結実の良い個体と悪い個体の健全種子落下数の年次変動を比較すると(図8)、結実の悪い個体は変動幅が小さく、毎年の結実数が少ないことがわかる。反対に結実の良い個体は年次変動が大きく、豊作年と凶作年の変動幅が大きい、凶作年にも比較的多く結実している。すなわち、処理の効果は結実の悪い個体には現われず、結実の良い個体に大きく現われるようである。採種林の母樹の選定に際しては、着花量よりも結実量が多く、結実率の高い母樹を残すようにしなければならない。そのためには数年間の観察が必要である。

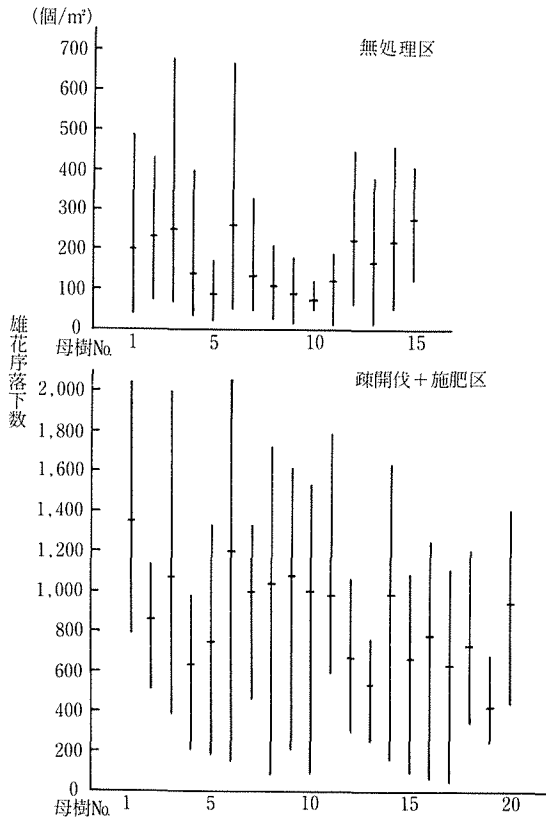


図5 雄花序落下数の個体変異
5年間(1980~1984年)の変動幅と平均
値を示す。

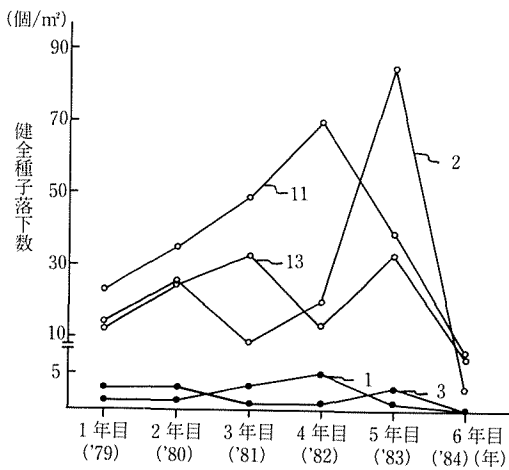


図8 結実の良い個体と悪い個体の健全種子落
下数と年次変動(疎開伐+施肥区)

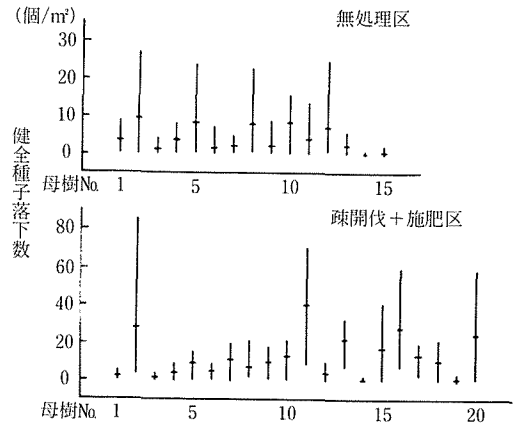


図6 健全種子落下数の個体変異
5年間(1980~1984年)の変動幅と平均
値を示す。

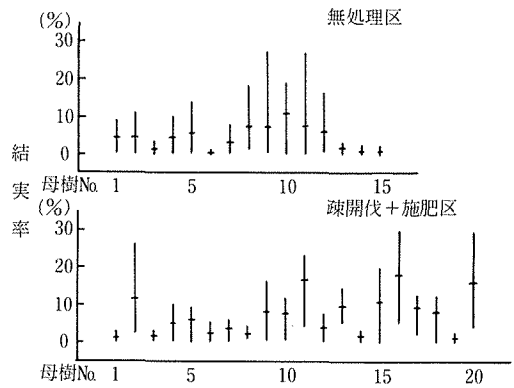


図7 結実率の個体変異
4年間(1981~1984年)の変動幅と平均
値を示す。

(4) 気象条件

鳥大蒜山演習林における1979年から1984年まで6年間の6～8月の最高気温と降雨量を表5に示した。先ず着花と気象因子との関係についてみると、着花は'79年、'82年、'85年が豊作で、'81年、'83年が凶作である。クヌギの花芽分化は開花の前年の7～8月に起こるといわれているので¹⁰⁾、開花の前年の6～8月の最高気温と降雨量を比較してみると、'81年、'84年は、'80年、'82年に比べて7～8月が高温で、雨が少ない。すなわち、高温少雨の年に花芽が多く分化しているようである。

表5 鳥大蒜山演習林における6～8月の最高気温と降雨量
(標高560mの蒜山演習林事務所における観測)

月	旬	年	最 高 気 温 (°C)						降 雨 量 (mm)					
			'79	'80	'81	'82	'83	'84	'79	'80	'81	'82	'83	'84
6	上	旬	25.9	24.7	25.7	24.4	25.4	25.8	29.5	52.5	5.0	31.5	8.0	58.0
	中	旬	25.6	25.6	24.7	25.4	23.1	26.9	15.5	21.5	86.5	35.5	151.0	13.5
	下	旬	26.9	25.8	25.0	23.3	23.1	21.4	132.0	36.0	246.0	5.5	37.5	136.0
	平均・合計		26.1	25.4	25.1	24.4	23.9	24.7	177.0	110.0	337.5	72.5	196.5	207.5
7	上	旬	26.5	24.5	28.1	27.3	25.3	—	87.5	146.0	134.0	22.0	23.0	—
	中	旬	25.0	26.2	30.4	25.1	25.3	30.3	49.5	90.0	141.5	74.0	166.5	19.0
	下	旬	30.7	27.8	30.5	27.4	28.5	32.2	96.5	66.0	83.0	84.5	169.5	58.5
	平均・合計		27.4	26.2	29.7	26.6	26.4	29.7	233.5	302.0	358.5	180.5	359.0	77.5
8	上	旬	30.0	24.7	28.5	28.9	31.6	31.4	20.5	24.0	40.0	65.0	58.0	6.5
	中	旬	30.2	26.4	29.4	27.0	27.3	30.0	8.5	31.0	10.0	101.5	70.0	34.0
	下	旬	27.3	25.5	27.6	28.5	28.5	28.2	49.0	258.5	25.6	124.0	47.5	37.0
	平均・合計		29.2	25.5	28.5	28.1	29.1	29.9	78.0	313.5	75.6	290.5	175.5	77.5
9	上	旬	25.8	25.1	25.1	25.3	28.2	25.2	162.0	99.0	28.5	78.0	16.0	44.5
	中	旬	24.8	25.2	22.6	23.5	24.6	23.8	34.5	12.5	23.0	171.5	49.0	1.5
	下	旬	23.4	20.5	23.0	21.2	22.1	24.5	88.0	8.0	105.0	134.5	202.0	0
	平均・合計		24.7	23.6	23.6	23.3	25.0	24.5	284.5	119.5	156.5	384.5	267.0	46.0

次に2年果の結実と気象因子との関係についてみると、'80年と'83年が豊作、'81年、'82年、'84年が凶作であるが、特に'84年は、大凶作で施肥区でも著しく結実率が低下した。クヌギの2年目の果実は8月から9月に急速に生長し胚が発達するので⁴⁾、7月下旬から9月中旬の気象条件は果実の発育に大きく影響するものと思われる。最も不作であった'84年は他の年に比べて7～8月が著しく高温で、7～9月の3か月にわたり降雨量が極端に少なかった。凶作の'81年も7～8月が高温で、8～9月が少雨である。豊作年('80年、'83年)は7～8月がやや低温で、8～9月に降雨量が多い。すなわち、8～9月の高温少雨は果実の発育に大きく影響し、結実率を低下させるようである。

3. 雄花と雌花の着生関係及び着花と結実との関係

クヌギは雌雄同株で一本の木に雄花序と雌花序が着生する。雄花序は尾状花序で長く、開花期に下垂するので容易に肉眼で識別することができる。しかし、雌花序は新枝の上部の葉腋につき、小さくて識別が容易でない。雄花序は、大木でも双眼鏡などで着生状況を調査できるので、雄花序の着生状態によって次年度の結実量を推定することができれば採種林経営上大変都合がよい。1年果は調査がむずかしいので、2年果の落下数を調べて雄花と雌花の着生関係を調べた。図9は各母樹における雄花序の落下数と2年果の落下数の5年間(1980~1984年)の平均値をプロットしたものである。この図によると雄花序落下数が増加するにしたがって2年果の落下数も増加している。しかし、個体間のバラツキが大きく、雄花序数が多くても2年果の数あまり多くないものもあったが、相関係数は $r = 0.576$ で、検定の結果有意な相関が認められた。1年果の落下数は一般に少ないので、2年果の落下数は雌花着生数とみなしてよい。したがって、雄花と雌花の着生数はほぼ正比例の関係にあり、雄花序の着生数の多いものは雌花序も多く着生すると考えてよいと思う。

クヌギは開花から結実まで2年を要する。すなわち、5月に開花して受粉するが、その年は果実はほとんど発育せず休眠状態で停止している。幼果実は越年して翌年の8月から急速に生長をはじめ、10月中・下旬に成熟して落下する⁴⁾。果実の発育期間は2年にわたるので、最初の年と2年目とは気

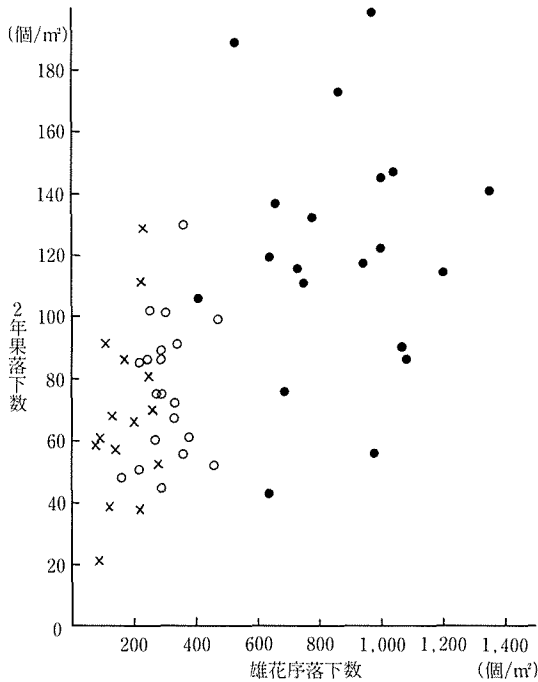


図9 各母樹における雄花序の落下数と2年果の落下数との関係(5年間の平均値)
 ×無処理区 ●疎開伐+施肥区 ○疎開伐+無施肥区
 $y = 59.6299 + 0.06543x$ ($r = 0.57625$)

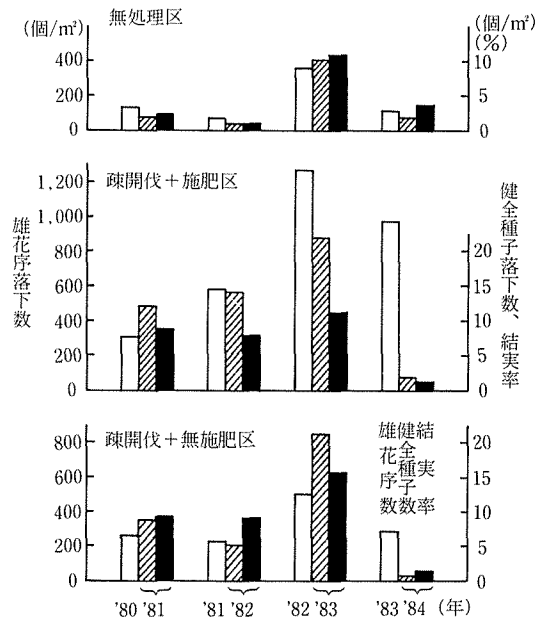


図10 雄花序の落下数と次年度の健全種子落下数及び結実率との関係

象条件が異なり、着花量と結実量は必ずしも一致しないように思われたので調べた。雄花序の落下数と次年度の健全種子落下数及び結実率との関係を図10に示した。無処理区では、'82年に雄花序の落下数が最も多く、'83年の結実数、結実率は高かったが、他の年度は雄花序の落下数が少なく、結実数、

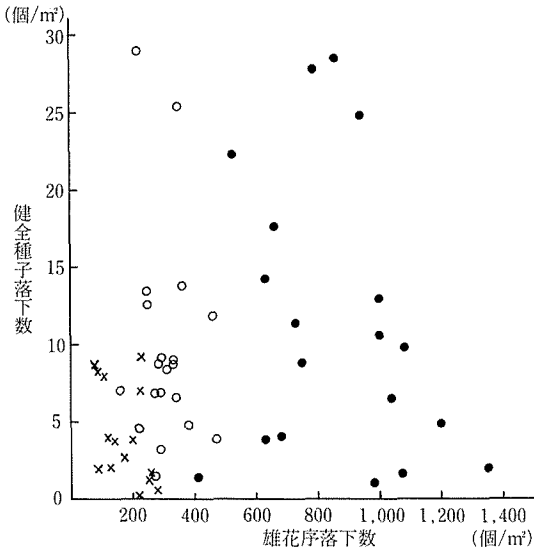


図11 雄花序落下数と健全種子落下数との関係
×無処理区, ●疎開伐+施肥区, ○疎開伐+無施肥区

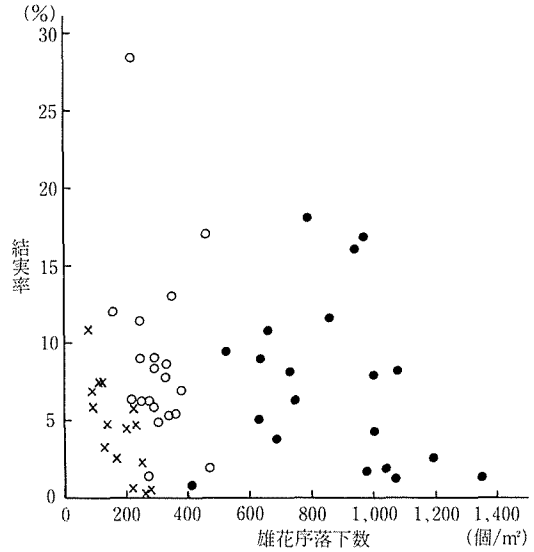


図12 雄花序落下数と結実率との関係
図の中符号は図11と同様である。

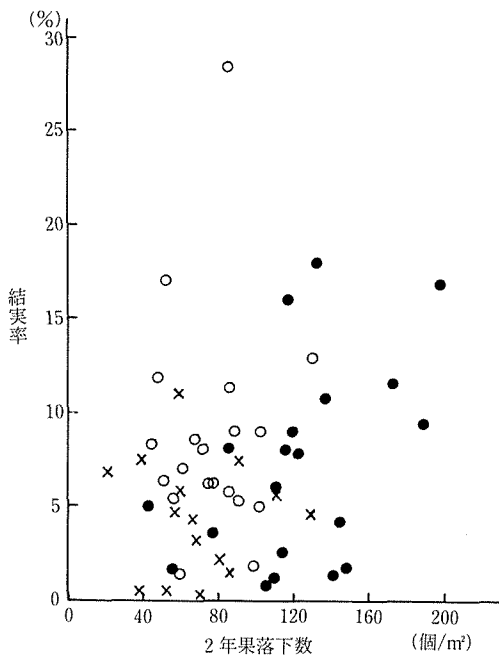


図13 2年果落下数と結実率との関係
図の中符号は図11と同様である。(r=0.4680)

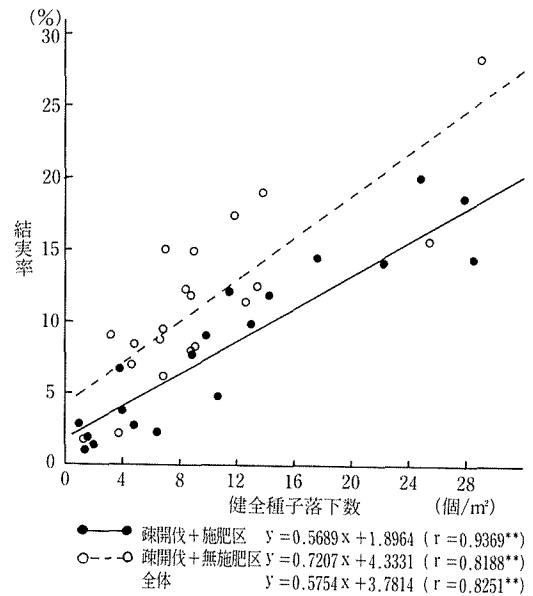


図14 健全種子落下数と結実率との関係

結実率は低く、雄花序の着生数と結実数、結実率の間に密接な関係が認められた。しかし、疎開伐＋施肥区では'83年に雄花序の落下数が多いにもかかわらず、'84年の結実数、結実率は著しく低い。疎開伐＋無施肥区でも'83年の雄花序数は'80年、'81年と同程度であるが、'84年の結実数、結実率は著しく低下している。すなわち、一般的傾向として雄花序の着生数の多い年は次年度の結実数が多く、結実率も高い傾向がみられるが、年によっては着花量と結実量は並行せず、着花量が多いにもかかわらず結実の悪い年もあるということがわかった。これは前に述べたように8～9月の気象条件が結実に大きく影響するからである。

次に各母樹ごとに5年間(1980～1984年)の雄花序落下数、健全種子落下数及び結実率の平均値を計算して、着花数と結実数、結実率との関係を見た(図11～12)。雄花序落下数と健全種子落下数及び結果率との間には相関関係は認められなかった。また2年果の落下数と結実率との関係についても高い相関はみられなかった(図13)。

これらのことから、着花数の多い個体は常に結実数、結実率が高いということではなく、結実の良い個体と結実の悪い個体があるということがわかった。また、疎開伐や施肥によって一般に着花数は増加するけれども、結実数、結実率の増加しない個体もみられた。しかし、結実数(健全種子の落下数)と結実率との関係については正の相関関係が認められ、健全種子の多いものは結実率が高い傾向がみられた(図14)。採種用母樹としては結実の良い個体を残すようにしなければならない。

4. 落下種子の内容と品質

1年間に落下した2年果を健全種子、発育不全種子及び虫害種子の三つに分類した。健全種子は胚が完全に発育し発芽能力のあるもの、発育不全種子は胚が未発達のもの及び胚の発育が不十分で発芽能力のないもの(主に未熟果実)、虫害種子はゾウムシなどの幼虫に食害されたものである。1年間に落下した2年果の内容を表6に示した。健全種子、発育不全種子、虫害種子の割合は年度及び処理区によって差があった。無処理区では健全種子が1.5～12.5%、発育不全種子が82.1～93.6%、虫害種子

表6 5月から11月の間に落下した2年果の内容

処 理 区	1980年(2年目)*			1981年(3年目)			1982年(4年目)			1983年(5年目)			1984年(6年目)		
	健全 (%)	発育 不全 (%)	虫害 (%)	健全 (%)	発育 不全 (%)	虫害 (%)	健全 (%)	発育 不全 (%)	虫害 (%)	健全 (%)	発育 不全 (%)	虫害 (%)	健全 (%)	発育 不全 (%)	虫害 (%)
無処理(対照)①	12.5	82.1	5.4	2.7	93.4	3.9	1.5	89.1	9.4	10.0	88.5	1.5	2.9	93.6	3.5
疎開伐 剥皮②	31.3	64.5	4.2	5.4	92.9	1.7	5.1	86.1	8.8	9.8	89.2	1.0	0.4	98.6	1.0
施 肥 無剥皮③	33.9	62.8	3.3	13.0	82.7	4.3	12.9	76.4	10.7	14.9	83.6	1.5	2.7	93.1	4.3
疎開伐 剥皮④	27.2	71.5	1.3	10.1	88.3	1.6	9.2	84.4	6.5	15.9	82.3	1.8	2.5	93.4	4.1
無施肥 無剥皮⑤	28.5	70.1	1.4	7.2	88.2	4.6	5.8	74.3	19.9	17.8	80.7	1.5	1.1	96.5	2.4
②～⑤の平均	30.2	67.2	2.6	8.9	88.0	3.1	8.3	80.3	11.5	14.6	83.9	1.5	1.7	95.4	3.0
全 体 の 平 均	26.7	70.2	3.1	7.7	89.1	3.2	6.9	82.0	11.1	13.7	84.9	1.5	1.9	95.0	3.1

*1980年は9～10月に落下した種子の内容である。

が1.5～9.4%であった。これに対して、各処理区の平均値は健全種子が1.7～30.2%、発育不全種子が67.2～95.4%、虫害種子が1.5～11.5%で、1984年（6年目）を除き、処理区では無処理区に比べて健全種子の割合が増加し、発育不全種子の割合が減少する傾向がみられた。1984年は結実率が異常に低く、各処理区とも健全種子の割合が低く、発育不全種子が多かった。これは前に述べたとおり7～8月の高温少雨の影響によるものと思われる。

次に健全種子について大きさと生重量を測定した(表7)。1980年産と1981年産のいずれの種子においても、処理区の種子は無処理区の種子に比べて大きくて重かった。種子の大きさ及び生重量は疎開伐+施肥区>疎開伐+無施肥区>無処理区の順であったが、直径よりも重量の差が大きかった。1980年産種子について化学分析を行ったところ(表8)、灰分

表7 種子の大きさと重量

処 理 区	1980年産		1981年産	
	直 径 (mm)	生重量 (g)	直 径 (mm)	生重量 (g)
無 処 理	14.3	1.8	16.1	2.6
疎開伐 剥 皮	17.0	3.1	19.1	4.5
施 + 肥 無剥皮	17.8	3.5	18.6	4.1
疎開伐 剥 皮	16.6	3.0	18.9	4.5
無+施肥 無剥皮	16.0	2.4	17.2	3.3

表8 種子の養分含有率

(1980年産種子, 乾重%)

処 理 区	灰 分	全窒素	リ ン	カリ ウム	カ ル シウム	全 糖	粗デン ブ ン	C/N
無 処 理	2.121	1.348	0.129	0.827	0.308	5.445	38.136	32.330
疎開伐 剥 皮	2.212	1.100	0.126	0.741	0.188	7.522	45.199	47.928
施 + 肥 無剥皮	2.268	1.289	0.127	0.782	0.193	7.370	48.980	43.716
疎開伐 剥 皮	2.169	1.101	0.124	0.813	0.209	7.489	48.569	50.916
無+施肥 無剥皮	2.208	1.190	0.123	0.795	0.212	6.941	40.412	39.792

及び窒素、リン、カリウムなどのミネラルの含有率については処理区と無処理区との間に大きな差はなかったが、全糖と粗デンプンの含有率及びC/N率は処理区の種子で著しく増加した。疎開伐及び施肥によって種子の品質は向上することがわかった。

5. 種子生産量の推定

採種木1本当たり種子生産量を推定することは重要である。調査方法は伐倒もぎ取り法が最も正確であるが、伐倒することができないので、シード・トラップ内に落下した健全種子の落下数に樹冠面積を乗じて1本の木の健全種子生産数とした。なお種子は樹冠投影面外にも落下するので、本当はその分を加えなければならないが⁷⁾、今回はシード・トラップを母樹の中心部に設置したので、トラップ内に落下した種子数はその木の平均値よりも多目の数値と思われるのでこの方法をとった。計算の結果を表9に、また豊作年(1980年と1983年)における1本当たり健全種子生産数の頻度分布を図15に示した。胸高直径20cm前後、樹高15～16mの採種木における各年度の1本当たり健全種子生産数は、無処理区で平均17～190個、疎開伐+施肥区で平均8～827個、疎開伐+無施肥区で平均15～592個であ

表9 クヌギ採種木における1本当たり健全種子生産数の推定

処 理 区	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	樹冠直径 (m)	樹冠面積 (cm ²)	1本当たり健全種子数*						範囲
					'79年 1年目	'80年 2年目	'81年 3年目	'82年 4年目	'83年 5年目	'84年 6年目	
無 処 理	20.1	15.5	4.9	18.8	86	118	36	17	190	34	17~190
疎開伐 + 剥皮	21.3	15.7	5.0	19.6	92	261	153	137	316	8	8~316
施 肥 + 無剥皮	22.7	16.1	6.2	30.2	314	471	480	619	827	94	94~827
疎開伐 + 剥皮	21.6	16.0	5.7	25.5	191	413	314	143	495	28	28~495
疎開伐 + 無施肥	20.8	16.3	5.7	25.5	92	255	128	117	592	15	15~592

* 母樹1本当たり健全種子生産数は、樹冠下に落下した1m²当たり健全種子数×樹冠面積で推定した。

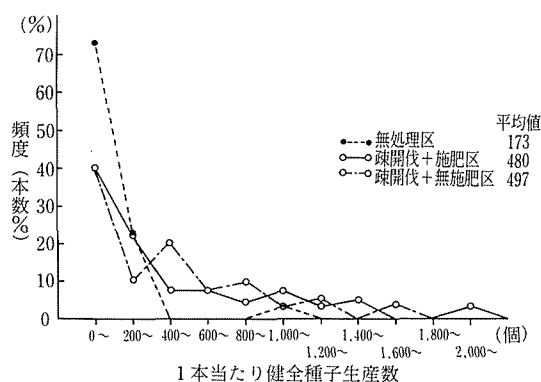


図15 豊作年(1980年, 1983年)における健全種子生産数の頻度分布

った。着果数は個体、年度及び処理区によって差があるので、豊作年における1本当たり健全種子生産数の頻度分布をみると、無処理区では平均173個で、200個以下のものが73%を占めていた。疎開伐+施肥区では1本当たり平均480個、疎開伐+無施肥区は497個生産したが、200個以下のものが約40%あり、結実性の悪い個体がかかなり多くみられた。しかし、1本当たり1,000個以上生産したものが疎開伐+施肥区で18%、疎開伐+無施肥区で13%あり、結実性の良い個体を選定すれば種子生産量を更に増大する

ことが可能であると思われる。本採種林における1本当たり最大着果数は2,000個程度と推定された。筆者は前報で⁵⁾牧場の周囲に列状に植栽された46~47年生のクヌギの着果調査を行い、1本当たり着果数は20~2,634個、平均589個で、100~500個のものが最も多いことを報告した。クヌギの着果数はそれほど多くなく、結実率も低いので、このことを念頭において種子の生産を行わなければならない。

6. クヌギ採種林施業上の問題点

クヌギの種子生産上の問題点はいくつかあるが、その内の一つは未熟果実の落果が非常に多いことである。本研究によると2年果の結実率は年によって差があるが、無処理区で1.0~10.7%、疎開伐+施肥区で0.2~13.8%、疎開伐+無施肥区で1.1~16.3%であった。すなわち、5月から11月の期間に地上に落下した果実の内84%以上、年によっては99%以上が発育不全あるいは虫害を受けて落下している。新谷が¹¹⁾クヌギの採種園で調査したところによると、着生した雌花の90%強が結実までの間に落果し、平均結実率は8.8%であった。また小笠原の調査によると⁹⁾、クヌギの結果率は0.1~3%、平均1%であったという。Downsら²⁾はChestnut oak外4種類のoakの種子生産について研究し、健全種子の割合は7年間の全落下数に対しておよそ8%から47%の間であった。未熟種子は20~67%で、残りは鳥、ネズミ、昆虫などによる食害であった。Matsuda⁸⁾によると、コナラでは開花した雌花のうち0.8

%のみが成熟果実になり、90.6%は5月から6月の間に大量に落下したという。ナラ類は大量に花をつけるけれども結実率はそれほど高くないようである。これは種の特性であるかも知れないが、何等かの方法によって結実率を向上させることを考えなければならない。未熟果実の落果の防止は大きな問題で、今後この問題について研究する必要がある。

次に採種林では毎年なるべく均等に種子を生産する必要がある。しかし、クヌギは結実に豊凶があって2~3年に1回しか豊作がない。疎開伐と施肥によって豊凶をある程度調節することができるが、更に有効な結実促進の方法を開発する必要がある。施肥は特に有効と思われるので、肥料の種類、施肥量などについて更に研究する必要がある。また母樹によって着花・結実性が著しく異なるので、生長が良くて結実の良い個体を採種木に選ぶことが重要であると思われる。

IV 総 括

クヌギの種子を計画的に生産するために採種林を設定して、6年間結実状況を調査した。採種林は約40年生の天然林を疎開伐して、採種木をha当たり約250本の割合で残した。試験地を二つに分けて、片方を施肥区、他方を無施肥区とした。施肥は最初の4年間、森林肥料(N:P:K=13:17:12%)を1本当たり3~5kg施した。更に施肥区と無施肥区の中に環状剥皮処理区を設けた。無処理区(対照区)として、隣接の天然林を用いた。着花及び結実状況の調査は、各供試木の樹冠中心部の直下に1×1mのシード・トラップを設けて、落下した花や果実を時期別に採集して調べた。種子成分の化学分析は常法によって行った。本研究の結果は次のとおりである。

1. クヌギ採種林の着花・結実は疎開伐、施肥及び環状剥皮処理によって促進されたが、特に疎開伐と施肥の組み合わせ処理が有効であった。疎開伐+施肥によって雄花の着生は無処理区の4~11倍、2年果の着生は1.6~2.6倍増加した。また健全種子の落下数及び結果率も疎開伐及び施肥によって増加した。疎開伐+施肥の複合効果は処理の翌年から現れたが、施肥を中止すると2年後には効果がなくなり、施肥の効果は長続きしないようであった。

2. 2年果の総落下数は、無処理区で55~103個/m²、疎開伐+施肥区で106~182個/m²であった。結実率は、無処理区で1.0~10.7%、疎開伐+施肥区で0.2~13.8%、疎開伐+無施肥区で1.1~16.3%であった。5~11月の期間に地上に落下した2年果の内84%以上が、年によっては99%以上が結実せずに落下した。

3. 未熟種子の落下は1年果では少なく、2年果で多くみられた。未熟種子は、2年果では8月に最も多く落下した。未熟種子の落下率は凶作年に高く、豊作年に低かった。また無処理区よりも処理区で低い傾向がみられた。未熟種子の落果の原因は生理的障害が最も多く、2年果では90%近くが生理的落果であった。台風など機械的障害による落果は4~9%、虫害による落果は1~9%認められた。

4. クヌギ天然林の結実は3年おきに豊作があり、豊作の翌年は凶作であった。しかし、処理区、特に疎開伐+施肥区では豊作が続き、毎年種子を採取することが可能であった。

5. クヌギの着花・結実性は個体によって差があり、着花数、結実数の多いもの、少ないもの、結実率の高いもの、低いものなどバラツキが大きかった。疎開伐及び施肥の効果は結実の悪い個体には

現われにくく、結実の良い個体に大きく現れるようであった。

6. クヌギの着花は前年の7～8月が高温で少雨の年に多いようであった。また8～9月が高温で少雨の年は結実率が著しく低下した。

7. 雄花と雌花の着生関係については、雄花の着生数の多いものは雌花の着生数も多い傾向がみられた。着花と結実の関係については、相関関係が認められず、着花数の多い個体は結実数、結実率が高いとはいえなかった。

8. 2年果は健全種子、発育不全種子及び虫害種子の三つに分類された。健全種子の1㎡当たり落下数は無施肥区で0.9～10.1個、疎開伐＋施肥区で0.4～27.4個、疎開伐＋無施肥区で0.6～23.2個であった。落下種子の内容は、無処理区では健全種子が1.5～12.5%、発育不全種子が82.1～93.6%、虫害種子が1.5～9.4%、処理区では(各処理区の平均値)健全種子が1.7～30.2%、発育不全種子が67.2～95.4%、虫害種子が1.5～11.5%であった。一般に処理区では無処理区に比べて健全種子の割合が増加し、発育不全種子の割合が減少する傾向がみられた。また処理によって健全種子の大きさ、生重量及び全糖、粗デンプンの含有率が増加して、種子の品質が向上することがわかった。

9. シード・トラップに落下した健全種子の落下数から採種木1本当たり種子生産数を推定した。胸高直径約20cm、樹高15～16mの採種木1本当たり健全種子生産数は、無処理区で17～190個、疎開伐＋施肥区で8～827個、疎開伐＋無施肥区で15～592個であった。豊作年における1本当たり種子生産数は無処理区で平均170個、処理区で平均500個、最大2,000個と推定された。しかし、個体差が大きいので結実性の良い母樹を選定すれば種子生産数を更に増大することが可能である。

10. 採種林施業に際しては母樹の選定が特に重要で、生長が優れて結実の良い母樹を選定する必要がある。今後の課題としては、未熟果実の落下防止法、着花・結実促進法などについて更に研究を進める必要がある。

文 献

- 1) 浅川澄彦：カラマツの結実促進。日林協，pp.36～72 (1965)
- 2) Downs A. A. and McQuilkin, W. E. : Seed production of southern appalachian oak. *J. For.* **42**, 913～920 (1944)
- 3) 橋詰隼人：クヌギの着花促進試験。日林関西支講，**30**，141～142 (1979)
- 4) 橋詰隼人・尾崎栄一：クヌギおよびコナラの果実の発達と成熟。鳥大農研報，**31**，189～195 (1979)
- 5) 橋詰隼人：クヌギの結実とタネの形質について。鳥大農研報，**31**，196～201 (1979)
- 6) 橋詰隼人：クヌギ採種林の結実について。93回日林論，301～302 (1982)
- 7) 橋詰隼人・菅原基晴・長江恭博・樋口雅一：ブナ採種林における生殖器官の生産と散布 (I) 種子の生産と散布。鳥大農研報，**36**，35～42 (1984)
- 8) Matsuda, K. : Studies on the early phase of the regeneration of a Konara oak (*Quercus serrata* THUNB.) secondary forest I. Development and premature abscissions of Konara oak acorns. *Jap. J. Ecol.*, **32**, 293～302 (1982)
- 9) 小笠原健二ほか：クヌギ果実の発育と落下。日林関西支講，**32**，23～25 (1981)

- 10) 新谷安則：クヌギの花芽化期と開花の時期について．日林九支研論集，**27**，119～120（1974）
- 11) 新谷安則：クヌギ採種園の結実について．日林九支研論集，**31**，87～88（1978）